

# 飛粉末による絶縁物の帯電現象

高 田 実 ・ 庄 田 新 一

工学部電気工学科

## 概 要

空气中を飛行する微粉末が絶縁物に衝突するとき、または絶縁物が運動して粉末をはね飛ばすときの帯電現象に関して実験的研究を行ったものである。粉末としては硫黄、重曹、セメント、石灰、亜鉛華、カオリン、ポリ塩化ビニールの粉末、コンスターチ、メリケン粉等で実験室の手近にあるものを取り、また絶縁物としてはエボナイト、ペークライト、ファイバー、ガラス等を使用した。ふき飛ばす空気の圧力、粉末の分量、極板の温度上昇等と帯電量との関係を調べ、また各種材料の組合せによる帯電量の大小を求めて比較した。

## 1. 緒 言

摩擦などによる帯電現象は物理学における最も古い問題の一つで、周知のように実験的経験から各種の材料の帯電量の正、負、大、小によって順位づけを行った帯電列などの発表もある。しかしながらその帯電量も、材料及び周囲の状況で大変異なってくるので、帯電列がいかなる状態において成立するか、また温度、湿度、摩擦速度、あるいは圧力等が変化したとき、それがどう変化するかなどの問題はもっと詳しく調べる必要がある。一方帯電の機構についても、いろいろ考慮されて沢山の原因が述べられている。すなわち i. 帯電の量は材料の誘電率と関係がある。(Coehn の法則)。ii. 二種の材料が相接するときは、そこに電子の移動が生じ、その結果接触電位差が発生し、この二材料が分離されるときは、そこに当然帯電現象が起きることが考えられる。iii. この値を仕事関数とかフェルミ準位で説明せんとするもの。iv. しかしながら接触により起きる電子またはイオンの移動は、材料自身の他に表面の附着物、特に大気中の水分を吸着したときのイオンの影響。v. 摩擦及び衝突による結果発生した熱の影響、材料の破碎、分離。vi. 圧電及び焦電効果。vii. 二物質の温度差の影響などについても考えねばならぬ。viii. 帯電量の測定に際し、発生電荷が測定中に放電または漏れによって失われることがあれば、当然その結果は異なってくる。このようなことは静電気現象においてはきわめて普通に起ることで、特に注意しなければならない。以上のごとき状態で古くから知られ、かつ何人にも一応認められる物理的現象が、今日なお明らかでないことが多く、したがってこれを究明するのは学理上からきわめて興味深いことである。

一方帯電による静電気は工業的生産に利用される場合と、作業上の障害となりこれを除去する必要が生ずる場合とがある。すなわち工業的には静電収塵法、静電塗装法、静電分離法、静電植毛法などの応用があり広く使用されている。しかるに他方静電気は、往々ある種の作業過程において自然に発生し、これが蓄積して作業に障害を与え、生産を妨害するばかりでなく、ときには爆発や火災を起すこともあるので、特に近年問題にされている。

各種の工場において、作業中に静電気を発生しやすいものとしては、i. ローラなどの回転体の摩擦による帯電、ii. 非導電性物質の流動、噴出等による帯電、iii. 人体の運動による帯電などが考えられる。これらの静電気の発生を防ぎ、また適当に大地へ電荷を漏

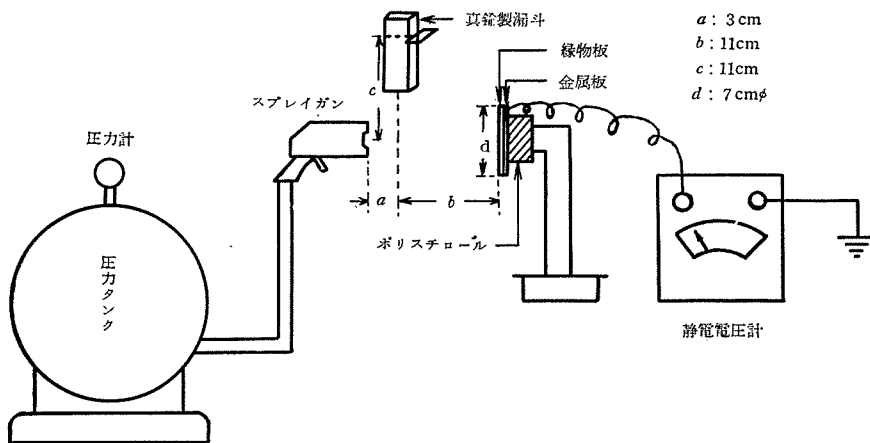
れさせるなどの手段がうまく行われない場合には、静電気が蓄積して物体は強く帯電し、いろいろの障害を与えるようになる。たとえば紡績工場で紡糸の際、各繊維が同種の電荷を帯びて、互いにクーロンの析力によって反撥、離散し、紡糸作業が困難になる。またエーテルやその他の引火しやすい液体を扱っている工場や手術室等で、それらの引火性液体の蒸気の中で静電火花が起これば、火災や爆発を引き起こす場合もある。

このような静電気の発生について、また静電気による各種の障害について、あるいはその災害防止について、多数の人々による有益な報告が数多くある。<sup>(1)~(32)</sup>

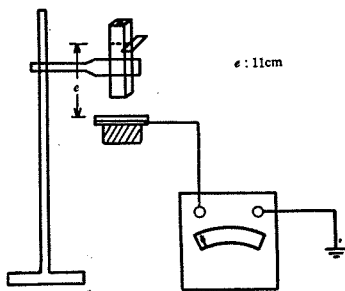
我々はこれらの静電気のうち、ごく普通に起きる、微粉末が物体に高速度で衝突するとき、または動いている物体によって粉末がはね飛ばされるとき、物体の帯電する状態が材質や種々の条件でどのように変るかについて、数年来実験を行ってきた。このうち金属の帯電については既に報告<sup>(33)~(35)</sup>したが、今回は絶縁物の飛粉末による帯電現象についての研究結果をのべる。

## 2. 実験装置および方法

### 2.1 飛粉末を電極に衝突させる場合



第1図 (a) コンプレッサによる実験装置



第1図 (b)

第1図(a)のような装置で、コンプレッサで圧縮された空気をスプレイガンから噴出させ、この気流中に上方の真鍮製漏斗より適当量の粉末を落下させれば、高速度で絶縁物板に衝突して電荷を発生する。漏斗の中には仕切りがあり、この仕切りが開くと一時に粉末が落下するようにしてある。

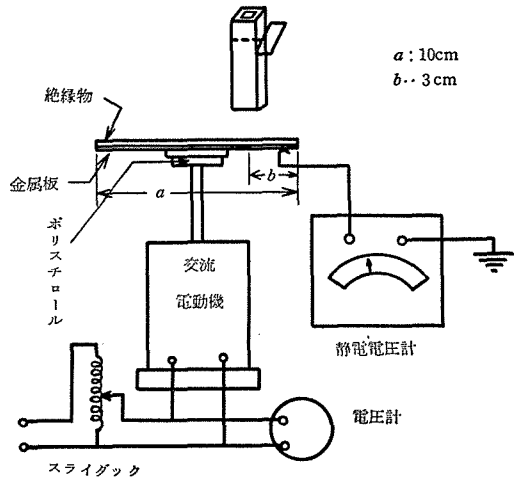
またパラフィンとポリスチロールを使用して、支持台と完全に絶縁した金属板上に、試験すべき絶縁物板をはりつけ、この金属板電極と静電電圧計を接続して

発生する電圧を測定し、電荷量は計算で求めた。

なお第1図(b)に示すごとく漏斗の直下に極板をおき、上方より粉末を落下させ、漏斗との摩擦と、粉末同志の摩擦による発生電荷を調べたが、その発生電荷量は静電電圧計では測りえず、我々の実験ではその影響はないと考えてさしつかえない。

## 2.2 回転絶縁板で粉末をはね飛ばした場合

第2図に示す装置によった。すなわちポリスチロールで完全に絶縁された金属円板の上に、試験すべき絶縁物材料をはりつけこれを小型電動機で回転せしめて、その上方におかれた漏斗を通して粉末を落すと、粉末は遠心力ではね飛ばされそのとき粉末による摩擦で絶縁板が帯電する。この帯電した絶縁板にはりつけてある金属板と、静電電圧計の非接地側端子に接続されてある接触子とを接触させておき、そのときの電圧を読みとり、電荷量を求める。もちろん接触子には飛粉末がふれないように充分注意してある。



第2図 回転板による実験装置

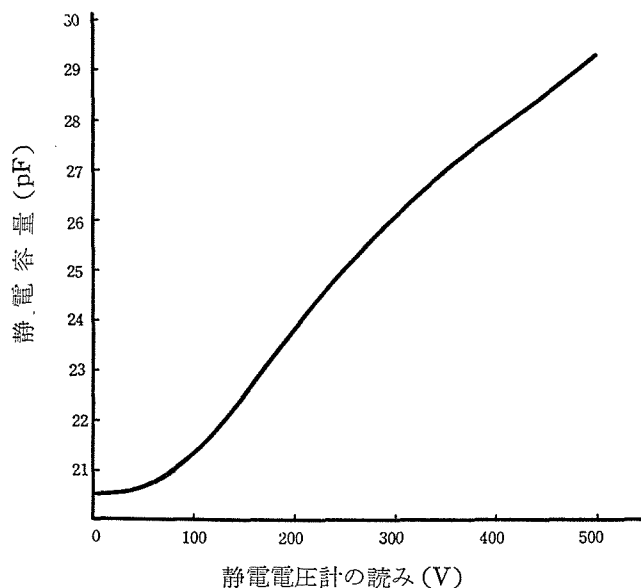
## 2.3 電荷量の測定

電荷量の測定方法としてはいろいろの方法がある。我々も真空管式エレクトロメータなども試作使用してみたが、直読に便利なことと、我々の実験では充分間にあうので、普通は静電電圧計を使用した。静電電圧計のおおのこの読み  $V$  に対する静電容量  $C$  をあらかじめ測定しておき（第3図に一例を示す）、また装置の静電容量  $C'$  も求めておけば、電荷量  $Q$  は

$$Q = (C + C')V$$

としてえられる。なお電荷量の大なるときは静電電圧計と並列に漏れのないコンデンサ（パラフィンを使用して作った）を接続して測定を行った。

静電電圧計の非接地側の電極の絶縁はきわめてよく、一旦電圧計になんらかの方法で電荷を与えて指針をふらせておくと、なかなかその電荷が漏れない。比較的条件的よくないときの一例を第4図に



第3図 静電電圧計の静電容量

示す。また前述のように、絶縁板をはりつけた金属板と大地間の絶縁には、パラフィンとポリスチロールを用いてあるので、接続したことによる洩れの増加は全然ない。したがって普通このような電荷量の測定で問題となる測定装置の時定数は、実際上考える必要はな

い。

## 2.4 注意事項

### (a) 粉末材料

粉末は亜鉛華とか沈降硫黄等のごとく薬局方などで規定されていて、その性質、細かさの一定なものをえられる場合の他は、手元にあったものを使用した。

またなるべく乾燥した状態におくため、必要な分量を計量後、約一昼夜位デシケータに入れておきその後に実験を行ったが、微粉末は大気中におかれると短時間に水分を吸収するので、この影響はある程度はあるものと考えねばならない。

### (b) 電極材料

実験室で直ちに入手できるものを使用した。電極表面に粉末が附着すると、次の測定では静電電圧計の読みが変わり、したがって帯電量が違ってくる場合もあるので、毎回表面をきれいなガーゼでぬぐい去って実験を行った。

### (c) 温度、湿度

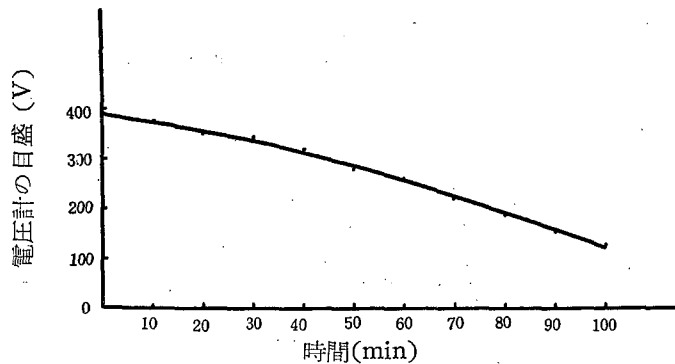
この実験はすべて普通の室内で行ったため、温度、湿度は一定ではないが、測定のつど記録し、かつなるべく条件が一定になるように、一連の実験は続けて手早く行うようにした。その値はそれぞれの結果に記録してある。

### (d) 電位上昇による反作用

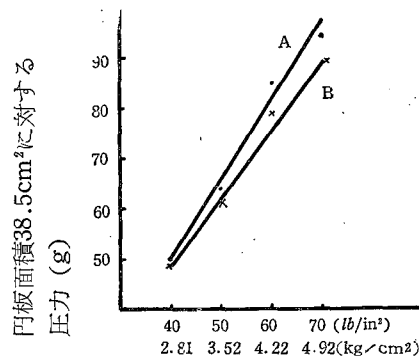
2.1, 2.2節のいずれの実験においても、測定系の電位上昇による反作用（電位上昇に伴って板面に電界を生じ、摩擦帯電量は制限作用をうけるようになること）も一応考えられるが、かくのごとき量を分離測定することは、我々の実験装置ではできず、したがって測定結果はこれらの値を含んだものである。しかし実際には使用する粉末量が少なく、またこの分量を一度に衝突、あるいは飛ばすので、反作用は大した値にはならないものと思われる。

(e) コンプレッサのタンクの圧力と粉末におよぼす空気の圧力

3.1 節の実験結果において圧力とっているのは、コンプレッサのタンクの圧力で、実際に粉末におよぼす空気の圧力ではない。しかし第5図に示すごとく、タンクの圧力と吹きつける



第4図 静電電圧計の漏れ



タンクの圧力

A : スプレーガンから板までの距離3cm

B : スプレーガンから板までの距離14cm

第5図 コンプレッサのタンクの圧力と円板に加わる吹きつけ圧力

空気の圧力は比例しているので、便宜上実験では全部タンクの圧力で示すこととした。

(f) その他

もし電極の電位が充分高くなるとコロナ放電なども考えられるが、我々の実験ではせいぜい1,000V程度なので問題にはならない。

この種の実験では測定結果のばらつきが相当あるので、一種類の実験は必ず10回以上繰返して行い、特に値の異なるものなどは、棄却検定法を適用して除いたりして、測定値の算術平均を求めて結果を整理した。

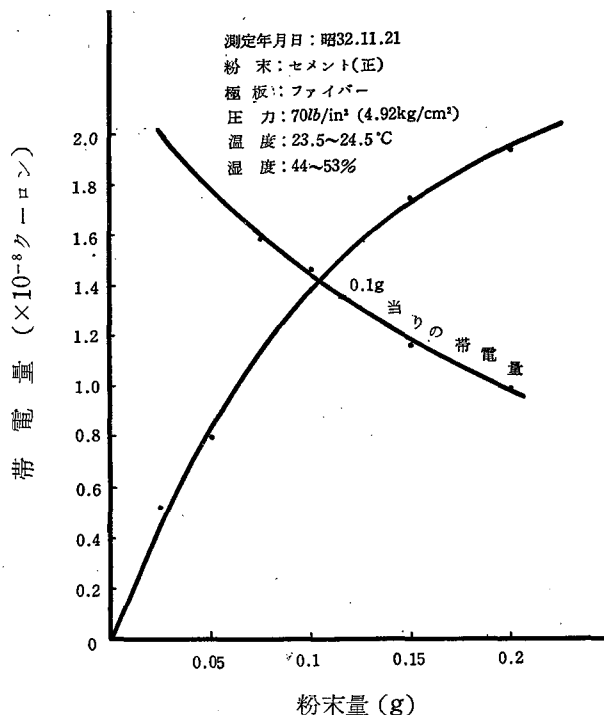
### 3. 実験結果

上記のごとき実験によって測定される絶縁物電極の電位は、電極に飛粉末が衝突し、摩擦し、さらにそれから離散してゆくために電極が帯電した結果であるから、粉末の種類、電極の材料、その表面の状況、凹凸等にもよるのはもちろん、衝突の速度、飛行する運動状況等にも関係する。

#### 3.1 飛粉末の衝突による絶縁物の帯電

(a) 粉末の分量と帯電量の関係

粉末の分量と帯電量の変化の一例を第6図および第7図に示す。第6図は、粉末にセメ

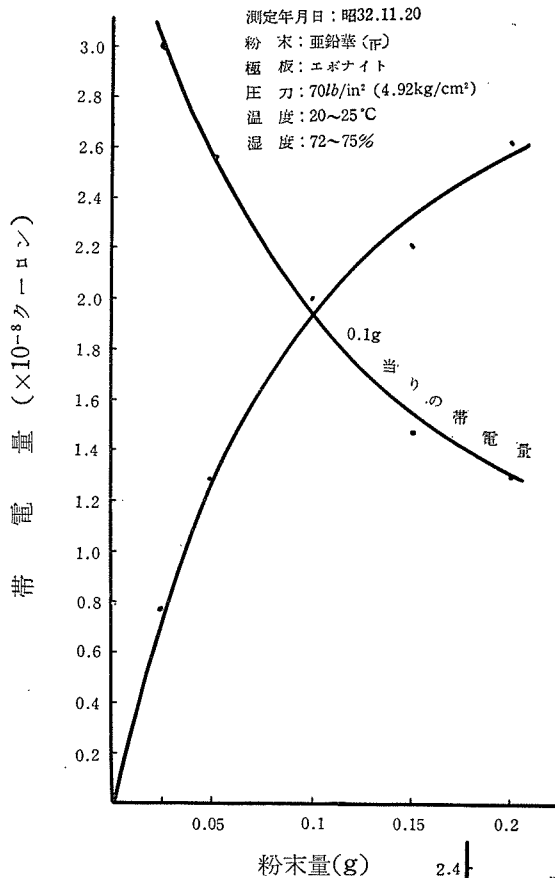


第6図 粉末量と帯電量

ント、極板はファイバーを使用し、第7図は粉末に亜鉛華、極板はエポナイトを使用し、タンクの圧力は70lb/in<sup>2</sup> (4.92kg/cm<sup>2</sup>)である。粉末の分量が増えるにしたがって帯電量は増しているが、これから0.1gあたりの帯電量を求めれば、分量が多いときはかえって減少している。これは主に飛粉末が多くなれば有効に電極材料に衝突し、接触する量の割合が少なくなることによるものと考えられる(我々の測定の範囲内では電圧が上ったための漏れは考えなくてもよいと思う)。故に材料の真の帯電量を知るためには、粉末の量をあまり多くしないで実験の方がよい

ので、種々の項目について比較するときは、粉末の少量の場合のデータをとることにした。

各種の粉末材料と絶縁物材料との組合せについても、この関係は大体類似の傾向を示した。



第7図 粉末量と帯電量

(d) 絶縁物極板を温めた場合の帯電量

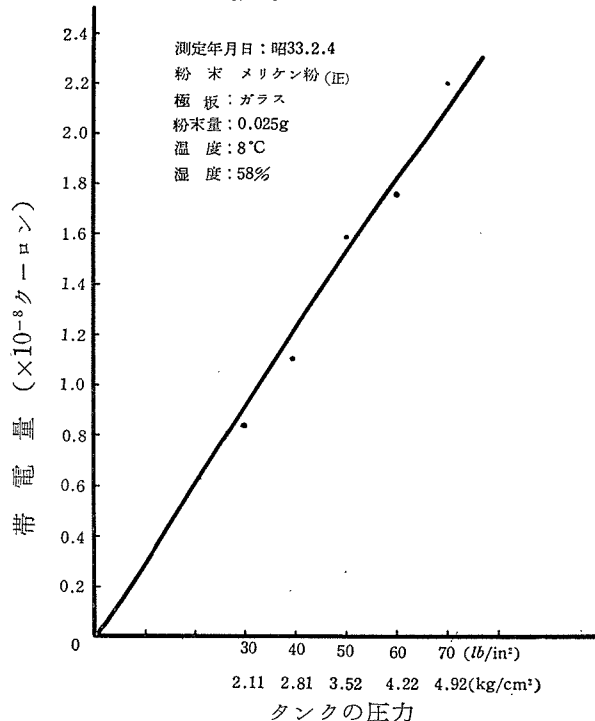
前述のごとき実験では温度の影響はある程度はあるものと考えらるべきではあろうが、実際にはこの影響を分離して測定をすることはきわめて困難であるので、その特別な場合として、極板表面だけを赤外線灯により照射して温めながら粉末を吹きつけたときの帯電量を調べた。粉末量は  $0.025 \text{ g}$ 、タンクの圧力は  $70 \text{ lb/in}^2$  ( $4.92 \text{ kg/cm}^2$ ) 一定とした。極板の表面の温度は室

(b) 吹きつけ圧力(したがって風速)と帯電量の関係

第8図には、メリケン粉をガラス板に吹きつけ、吹きつけ圧力(したがって風速)を変えるため、タンクの圧力を  $30 \text{ lb/in}^2$  ( $2.11 \text{ kg/cm}^2$ ) から  $70 \text{ lb/in}^2$  ( $4.92 \text{ kg/cm}^2$ ) に変えて帯電量を測定した結果を示す。各種の粉末と極板の組合せでもほぼ同様な結果で、圧力に比例して帯電量は増す傾向にある。

(c) 粉末の細かさと帯電量

同一重量の同じ種類の粉末が同じ電極に衝突するときに発生する帯電量は、粉末の細かさでも変化する。第1表にポリ塩化ビニールの粉末の細かさの違うもの  $0.025 \text{ g}$  を、各種の絶縁板にタンクの圧力  $70 \text{ lb/in}^2$  ( $4.92 \text{ kg/cm}^2$ ) でふきつけたときに発生する電荷量を示した。粉末が細くなる程発生電荷量は大きくなる。



第8図吹きつけ圧力と帯電量

第1表 ポリ塩化ビニール粉末の細かさを変えたときの帯電量( $\times 10^{-8}$ クーロン)  
 粉末分量: 0.025g, タンク圧力: 70lb/in<sup>2</sup>(4.92kg/cm<sup>2</sup>)

	エボナイト	ベークライト	ファイバー	ガラス	細かさ	粉末の極性
121	0.75	0.96	0.46	1.11	-200mesh: 100%	-
101	0.36	0.00	0.11	0.18	+100mesh: 10% 100~150mesh: 80% -150mesh: 0%	-
103	0.09	0.00	0.02	0.09	+100mesh: 20% 100~150mesh: 80% -150mesh: 0%	-
温度°C	24.6~25.3	23.2~24.3	27.9~28.0	27.3~27.9		
湿度%	76~79	78~84	74~75	75~80		

註: 121, 101, 103 は日本ゼオン K.K. の商品名である。

温より高くなっているが、その値は熱電対温度計で測定した。

実験の結果絶縁物極板と粉末の組合せにより、電極を温めた場合と温めない場合の電荷量に、有意な差のあるものとないものとがあることがわかった。粉末にメリケン粉とカオリンを用いて調べた結果を第2表に示す。これらのうち有意な差をあらわしているのは、メリケン粉対エボナイト、カオリン対エボナイト、カオリン対ベークライトの組合せだけ

第2表 電極を温めた場合の帯電量( $\times 10^{-8}$ クーロン)  
 粉末分量: 0.025g, タンクの圧力: 70lb/in<sup>2</sup>(4.92kg/cm<sup>2</sup>)

			エボナイト	ベークライト	ファイバー	ガラス	粉末の極性
メリケン粉	照明	電荷量	2.09~4.71	2.11~3.86	2.63~4.07	1.92~2.89	+
		極板温度°C	45~55	45~55	45~55	45~55	
		室温°C	21.0~27.5	22.3~27.1	23.0~27.1	20.5~26.4	
	室温	湿度%	53~85	64~80	64~80	68~82	+
		電荷量	0.19~2.15	1.49~3.47	2.73~4.51	1.38~3.21	
		室温°C	20.6~27.5	21.7~27.1	23.0~27.1	20.2~26.0	
カオリン	照明	湿度%	53~85	59~80	64~80	68~84	-
	室温	電荷量	0.19~1.04	0.40~1.03	0.13~0.42	0.28~0.60	
		極板温度°C	45~55	45~55	45~55	45~55	
	室温	室温°C	22.3~28.5	22.0~25.8	23.7~28.4	22.7~25.7	-
		湿度%	74~83	71~80	69~85	72~80	
		電荷量	0.00~0.41	0.15~0.60	0.12~0.44	0.10~0.70	
	室温	室温°C	22.0~28.5	22.0~25.7	23.6~28.0	22.3~25.5	-
		湿度%	75~81	71~80	70~84	73~79	

註1: 太線で囲んだものは有意な差のあるもの。

註2: 電荷量は日による測定値(10~14回の平均値)の範囲を表わす。

であり、いずれも極板を温めた方が電荷の発生量は大きい。他の組合せでは表に示す極板の温度上昇の程度では、その影響は殆んどなかった。

#### (e) 粉末材料の種類と帯電量の関係

粉末と電極との組合せで種々の場合がたくさんできるが、もしある一つの電極に対する各種の粉末による帯電量の大小が、他の電極に対しても同じ順序で発生されるならば、ことは非常に簡単であるので、我々の実験でも、最初から常にこの点に注意してきた。今迄の結果ではある程度はそれが成り立つことがわかったが、少数の例では矛盾を生じている。それは 2.4 節 (b)~(d) に述べたようなことを注意しても、なおほかに変動を与える原因が多く、測定誤差等も大きくなるものと思われる。しかし第3表に示すように個々

第3表 粉末材料を変えた場合の絶縁物材料の帯電量( $\times 10^{-8}$ クーロン)

粉末分量: 0.025g, タンクの圧力: 70lb/in<sup>2</sup> (4.92kg/cm<sup>2</sup>)

	エボナイト	ベークライト	ファイバー	ガラス	粉末の極性
メリケン粉	3.00~1.95	4.68~1.79	3.32~1.11	3.02~0.93	+
石灰	2.12~0.84	2.40~0.97	3.33~0.63	1.13~0.28	+
亜鉛華	1.36~0.49	2.48~0.51	1.93~0.28	1.10~0.27	+
重曹	1.18~0.48	1.47~0.39	0.49~0.13	0.34~0.00	+
セメント	0.81~0.32	0.83~0.35	0.61~0.03	0.20~0.03	+
硫黄	0.64~0.00	0.36~0.12	0.31~0.00	0.28~0.00	+
カオリン	0.52~0.12	0.81~0.12	0.89~0.00	1.51~0.41	エボナイトに対しては(+) 他に対しては(-)
温度 °C	7.6~20.5	10.0~24.1	7.5~28.8	9.0~21.8	
湿度 %	52~73	42~77	48~77	41~74	

註1: 上の太線の処に金属材料が入る。

註2: 電荷量は日による測定値(10~14回の平均値)の範囲を表わす。

の粉末による帯電量の順序においては多少の違いはあっても、各絶縁物電極を通して考えてみると順序はつけられる。この表において、おのおのの電極に対する各種粉末の帯電量(電極に発生する帯電量と反対符号をもち、大きさは同じと考える)の大きさに番号をつけ、粉末の帯電量の順位の検定を行うと1%以内の危険率で有意となり、その順序を、粉末の極性が正の大なるものからなると、メリケン粉、石灰、亜鉛華、重曹、セメント、硫黄となりカオリンのみが負となる(ただしカオリン対エボナイトではカオリンは正)。なお第9図に測定日により電荷の発生量が異なる状態を示した。

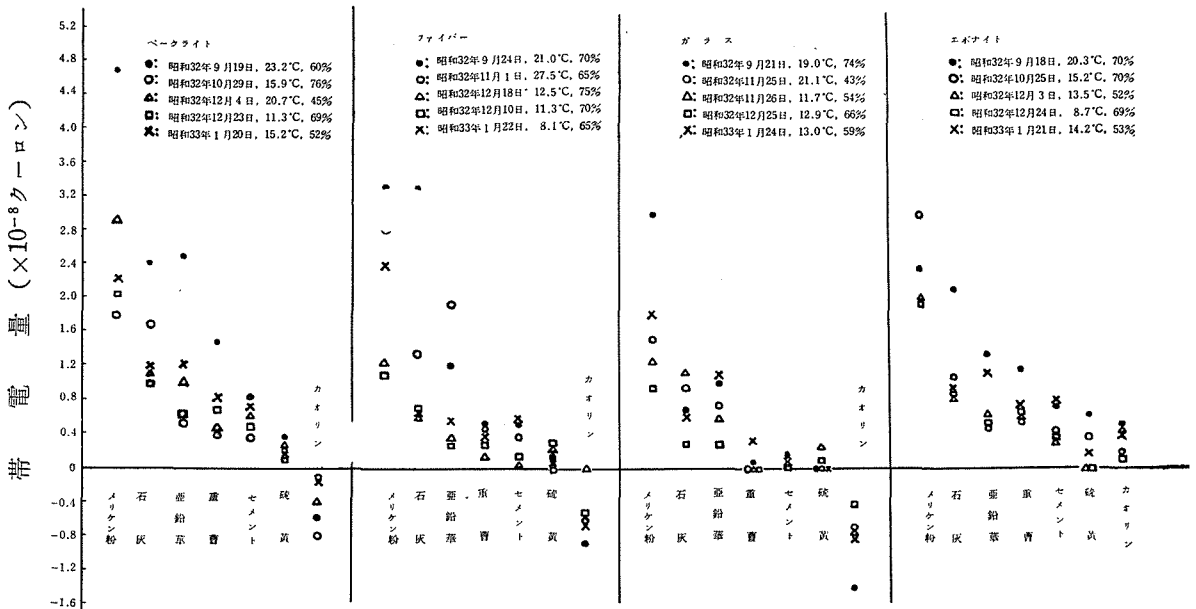
#### (f) 電極材料の種類と帯電量の関係

同じ種類の粉末に対しての電極材料の変化による帯電量の差異は、同じ電極材料に対する粉末の変化による差異ほど著しくはない。したがってこの実験方法によって起きる誤差の程度を考えれば、殆んど順序はつけられない。すなわち第3表において、粉末の場合のごとく、おのおのの粉末に対する各種絶縁物の順位をつけ、検定を行ってみても5%以内の危険率では有意とならない。

一方金属材料に対してはメリケン粉および石灰が(+)で他は(-)に帯電する(第1,3表参照)ので絶縁材料とはっきり区別がある点は面白い。



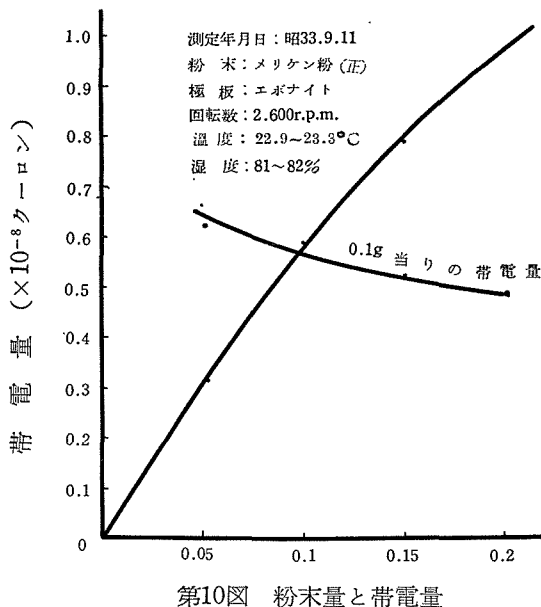
# 高田・庄田：飛粉末による絶縁物の帯電現象



第9図 各種粉末による絶縁物の帯電量の測定日による相違（吹きつけ法）  
タンクの圧力：70lb/in<sup>2</sup> (4.92kg/cm<sup>2</sup>), 粉末量：0.025g

## 3.2 回転電極が粉末をはね飛ばす場合の帯電

回転している絶縁板電極に粉末が降りかゝるとき、粉末ははね飛ばされ、その際に帯電



第10図 粉末量と帯電量

示す。モーターの回転数は約 2,600r.p.m. である。

### b. 粉末材料の種類と帯電量の関係

第4表、第11図にこの実験の結果を示す。帯電量こそ多少少いが、大体において 3.1節

現象が発生する。もし絶縁板が大地と完全に絶縁されておれば、これに高電圧を発生するし、一方粉末はそれと反対の符号を持って遠くへ飛ばされる。これについても、3.1節に述べたと同じような種々の状況を考慮して実験を試みた。この場合の円板と粉末の相対運動の関係については既に報告<sup>(35)</sup>したので省略する。

### a. 粉末の分量と帯電量の関係

粉末量が多いほど帯電量が多いが 0.1g あたりの帯電量はいかえて少なくなるのは 3.1節と同じである。

第10図にエポキシド電極に対してメリケン粉の分量を 0.05g, 0.1g, 0.15g, 0.2g として実験した結果を

第4表 粉末材料を変えた場合の絶縁物材料の帯電量( $\times 10^{-8}$ クーロン)

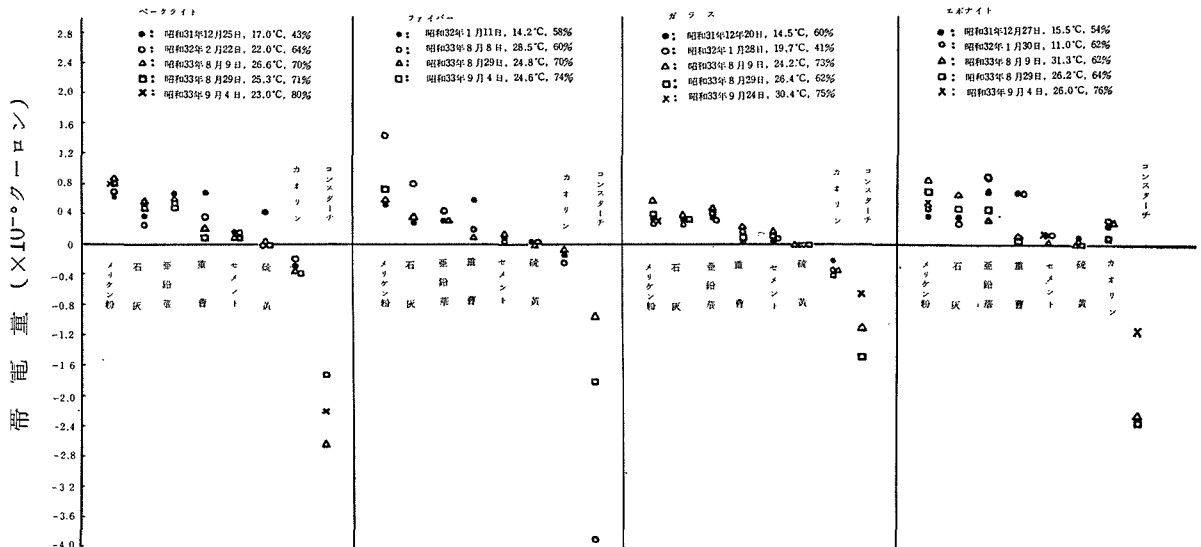
粉末分量：0.1g, モータの回転数：2600r.p.m.

	エボナイト	ペークライト	ファイバー	ガラス	粉末の極正
メリケン粉	0.85~0.38	0.91~0.56	1.46~0.56	0.59~0.30	+
石灰	0.67~0.36	0.61~0.29	0.80~0.31	0.39~0.29	+
亜鉛華	0.92~0.31	0.79~0.55	0.46~0.32	0.46~0.32	+
重曹	0.70~0.03	0.73~0.09	0.58~0.11	0.21~0.01	+
セメント	0.14~0.03	0.20~0.14	0.14~0.00	0.16~0.06	+
硫黄	0.08~0.00	0.02~0.00	0.02~0.00	0.00	+
カオリン	0.33~0.08	0.38~0.19	0.25~0.06	0.40~0.23	エボナイトに対し+
コンスターチ	1.92~0.76	2.63~1.71	3.90~0.93	1.47~0.66	他に対し-
温度 °C	11.0~3.14	17.0~27.3	14.2~29.0	14.5~26.6	
湿度 %	54~76	43~80	58~82	41~75	

註1：太線の処に金属材料が入る

註2：電荷量は日による測定値(10~14回平均値)の範囲を表わす。

の(e)に述べた結果とよく一致している。すなわち順序づけの検定を行うと、メリケン粉、亜鉛華、石灰、重曹、セメント、硫黄、カオリン、コンスターチの順で正の大なるものから負の大なるものえとなり、1%以内の危険率で有意である。第3表と比較してみると亜



第11図 各種粉末による絶縁物の帯電量の測定日による相違（回転法）

回転数：2.600r.p.m. 粉末量：0.1g

鉛華と石灰が入れかわるだけで他は同じである。

## c. 電極材料の種類と帯電量の関係

この項に関しても3.1節の(f)と同じようなことになり、実験誤差を考慮すればほとんど順位はつけられない。すなわち第4表で、同一粉末に対して発生する絶縁物の帯電量の順位の検定を行うと、やはり5%以内の危険率では有意とはならない。

#### 4. 結 言

飛粉末による絶縁物の帯電の程度とその状況を知るために、上記の二方法により実験した。この二つの方法はある点では共通であるが、またある点では全く別の現象である。

たとえば粉末を強くふきつけた場合は、大きな速度で絶縁物に衝突するが、多くの粉末は空気流とともにねかえり、離散して、回転円板の場合のような長い摩擦の道程を作らないことなどである。しかしながら粉末の種類と電極の種類でその程度こそ異なるが、どちらの方法でも、正負の別や帯電量の順序がほとんど同じなのは、帯電現象の原因が二材料間の接触電位差(あるいは仕事関数、誘電率等)のごときその本質に基づくためと思われる。

また金属板の帯電量の順序と比べてみると、一、二の例外を除き大体一致しており、第3表、第4表に太線で示したように、金属板(銅、鉄、真鍮、ジュラルミン、鉛、ニッケル、珪素鋼、アルミニウム、トタン)は石灰と亜鉛華との間に入り、一応の摩擦系列を作るのも、金属と絶縁物との本質的な差異によるものと考えられる。

最後に終始実験に協力された斎藤寿良君に深謝する。

(昭和33年9月24日受理)

#### 文 献

- (1) H. Grätz : Handbuch der Elektrizität und des Elektrostatik. Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1. (1918).
- (2) W. A. Douglas Lude : Phil. Mag. 25, 481 (1913).
- (3) Robin Beach : E. E. 60, 232 (1941).
- (4) Robin Beach : E. E. 61, 501 (1942).
- (5) S. S. Mackcown & V. Wouk : Ind. & Eng. Chem. 34, 659 (1942).
- (6) E. M. Cohn, P. C. Guest : Influence of Humidity upon the Resistivity. U. S. Bureau of Mines, I. C. 7286 (1944).
- (7) Robin Beach : E. E. 64, 184 (1945).
- (8) Hazard : E. E. 65, 427 (1946).
- (9) C. M. Park : The Hazards of Static Electricity in Grain Handling and Grain Producing Plants. 47 - 172 - ACO.
- (10) M. Hayck, F. C. Chromsy : Proceeding of the American Association of Textile Chemist and Colorists, 164 (1951).
- (11) J. E. Coulidge & G. Schulz : J. A. Phys. 22. 103 (1951).
- (12) Robin Beach : E. E. 71, 329 (1952).
- (13) Robin Beach : E. E. 72, 392 (1953).
- (14) F. W. Peterson : J. A. Phys. 25, 501, 907 (1954).
- (15) 俣野：応物 12, 14 (昭18).
- (16) 川崎：電試研 No. 506 (昭24).
- (17) 牧野，他：電試彙 16, 273 (昭27).
- (18) 川崎，他：Volume Charge の研究 I および II 電試彙16, 359, 696 (昭27).
- (19) 竹田，他：日本綿業技術研究報告 No. 1 ~12 (昭27- 9 ~昭28- 2).
- (20) 木脇，他：電試彙 18, 333 (昭29).

- (21) 尾島, 他 : 三菱電機28, 158 (昭29).
- (22) 木脇, 他 : 電試彙 19, 177 (昭30).
- (23) 波田, 他 : 昭30 連大 43
- (24) 電気爆発をめぐる座談会, OHM, 42, 481, 609 (昭30).
- (25) 深田, 他 : 応物 24, 206, 255, 299, 305, 341, 387, 435, (昭30).
- (26) 牧野, 他 : 電試報 No. 549 (昭30).
- (27) 木脇, 他 : 電試彙 20, 57 (昭31).
- (28) 伏見 : 電学誌 77, 1490 (昭31).
- (29) 木脇, 他 : 電試彙 21, 24 (昭32).
- (30) 木脇, 他 : 電試彙 22, 1 (昭33).
- (31) 入江, 他 : 電学誌 78, 443 (昭33).
- (32) 静電気研究発表会要旨 (昭30— 6, 昭31— 6, 昭32— 6, 昭33— 6).
- (33) 高田, 庄田 : 昭28支部連大 369.
- (34) 高田, 庄田 : 昭30 連大 574.
- (35) 高田, 庄田 : 電学誌 76 1334 (昭31).
- (36) W.R.Harper : The Generation Static Charge, Advances in Physics, A Quarterly Supplement of Phil. Mag. 6 365 (1957).

## Electrification on Insulators by Flying Powder

Minoru TAKADA and Shin-ichi SHODA

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering

Electrification on several kinds of insulators when powder is sprayed on them and electrification on rotating disc insulators when powder falls on them have been experimentally studied. Kinds of powder used are sulphur, bicarbonate of soda, cement, zinc oxide, kaolin, cornstarch, flour, etc. Insulators used are ebonite, bakelite, fiber, glass, etc. As electrification changes by many factors, such as pressure with which powder strikes the insulator, temperature of the insulator, amount of powder, and humidity of air, we have made experiment, taking those factors into consideration. From many combinations and powders, electrification order has been found about powders. Also we have found temperature effect is quite remarkable in ebonite.

This is the second report of the study on electrification by flying powder, the first being "Electrification on metals by flying powder". (M. TAKADA and S. SHODA : J.I.E.E.J., Nov., 1956)